

УДК 621.002.3

**КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГЕТЕРОГЕННЫЕ СТРУЖКОВЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ****Сапарова А.С., Овсянников Д.Ю., Кабыкин И.Н.****Научный руководитель – доцент Аникина В.И., асс. Сапарова А.С.*****Сибирский федеральный университет***

Композиционные материалы на основе медных сплавов значительно превосходят традиционные материалы по целому комплексу свойств. композиционные материалы имеют более высокие прочностные свойства при повышенных температурах, низкие значения коэффициента термического расширения, высокую износостойкость. Такие характеристики позволяют использовать композиционные материалы на медной основе в качестве разрывных электроконтактов и электродов.

Одним из наиболее перспективных методов получения композиционных материалов является метод механического легирования. Этот метод позволяет получать дисперсноупрочненные композиции с равномерным распределением упрочнителя, чего трудно добиться другими способами. Главным сдерживающим фактором широкого распространения метода механического легирования является его дороговизна, вызванная сложностью технологии и энергоемкостью процесса.

Снижение себестоимости механически легированных композиционных материалов, которые чаще всего изготавливаются на основе специально получаемых дисперсных порошков, возможно за счет удешевления исходного сырья. В качестве основы композиционных материалов можно использовать лом и отходы металлообрабатывающей промышленности,

Среди благородных металлов медь имеет самую высокую тепло- и электропроводность, хорошую технологичность, коррозионную стойкость и другие свойства, которые требуются, например, для создания электроконтактных материалов. Основными её недостатками являются относительно невысокие прочностные характеристики и низкая температура начала рекристаллизации.

С целью повышения прочностных свойств меди её легируют различными добавками. Основной задачей при этом является создание композиций, в которых максимальное улучшение одного из свойств сопровождалось бы минимальным ухудшением другого.

Целью данного исследования является изучение структурообразования стружковых материалов для расширения диапазона их применения при разных условиях эксплуатации

При создании технологии получения стружковых композиционных материалов необходимо учитывать в первую очередь характер и особенности происходящих в экструдированном прутке структурных изменений при вводе в исходную стружковую медную массу бронзовой стружки, а также вид исходного сырья, в качестве которого, была использована стружка в виде опилок, образующихся при распиловке прессованных прутков из меди М2, М3 на мерные длины.

Для изготовления образцов использовали медную стружку марок М2, М3, бронзовую марок БрАЖ9-4, БрОЦС4-4-2,5, БрКН1-3, БрХ0,5. Технологическая схема изготовления прутков для всех рассмотренных случаев была идентичной (рис. 1). Для изучения микроструктуры и уровня твёрдости отрезались образцы от экструдированных прутков на одном расстоянии от переднего конца независимо от длины получаемого пресс-изделия.

При получении композиционных материалов на основе меди с добавками различных бронз происходит комплексное взаимодействие элементов, входящих в состав бронзы.

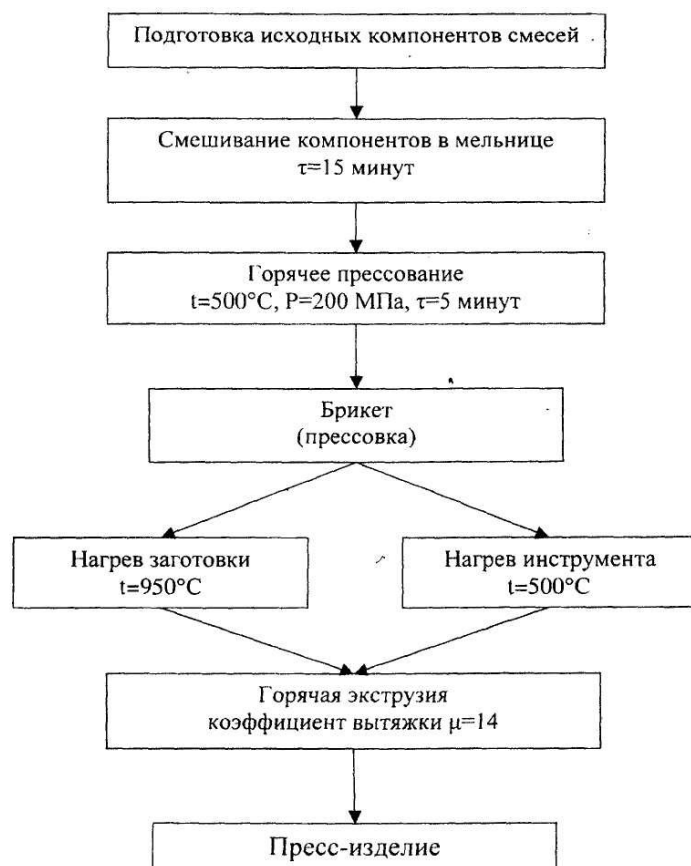


Рис. 1. Схема изготовления пресс-изделий

Структурообразование материала из стружки меди с добавлением стружек бронзы БрАЖ 9-4: 10% БрАЖ9-4 + Cu – структура мелкозернистая, рекристаллизованная (рис.2, а).

При добавлении 20% бронзовой стружки структура не содержит пор, несплошностей. По границам стружек наблюдается мелкозернистость, стружки различаются по цвету вследствие разной травимости. По границам между стружками при большом увеличении наблюдаются мелкие рекристаллизованные зёрна, образующиеся при горячей экструзии из-за высоких напряжений и температуры. Материал стружек меди рекристаллизован, что не скажешь о стружках бронзы БрАЖ9-4 (рис. 2, б).

При добавлении 50% стружки бронзы БрАЖ 9-4 получается монолитный материал, в результате горячей экструзии на медной стружке образуются двойники деформации, а на стружках бронзы происходит частичная рекристаллизация (рис. 2, в).

При добавлении в медную стружку 70% стружки бронзы БрАЖ 9-4 получается сплошной материал, на границах медь-бронза не наблюдается дефектов (рис. 2, г).

У прессованного полуфабриката из бронзовой стружки БрАЖ9-4 видны поры, несплошности, материал неоднороден. При горячей экструзии образуются трещины, задиры вследствие низкой пластичности. Предложенная схема обработки давлением в этом случае не подходит, т.к. бронзовая стружка БрАЖ9-4 бездефектному выдавливанию не поддаётся.

В композиционном материале, полученном из стружки меди и бронзы БрОЦС4-4-2,5, после экструзии наблюдается схожесть в структурообразовании материала с композиционными материалами из стружки меди и олова, меди и свинца. По границам стружек наблюдается "эффект мелких зёрен", который говорит о том, что в бронзе произошла рекристаллизация. При добавлении различного количества бронзовой стружки БрОЦС4-4-2,5 к меди образуется мелкозернистая структура, на границах сопряжения стружек не наблюдается дефектов, спекание происходит по механизму рекристаллизации. Более плотному сопряжению стружек также способствует свинец, находящийся в бронзе БрОЦС4-4-2,5 в свободном виде. Частицы бронзы БрОЦС4-4-2,5 равномерно распространены в матрице меди, упрочняя её. Структура композиционного материала рекристаллизована, вследствие горячей экструзии наблюдаются двойники деформации (рис. 3).

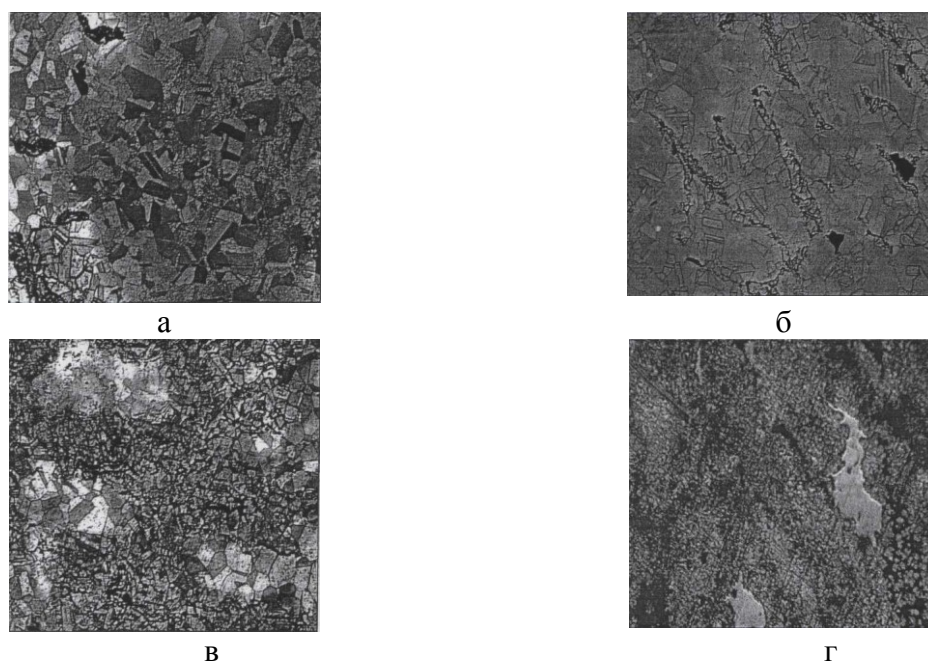


Рис. 2. Микроструктура прессованного полуфабриката из медной неотожжённой стружки с добавками стружки из бронзы БрАЖ9-4, х 200: а) – 10% БрАЖ9-4; б) - 20% БрАЖ9-4; в) -50% БрАЖ9-4; г) - 70% БрАЖ9-4, х 280

Исследование структурообразования материала из стружки меди с добавлением стружки бронзы БрОЦС4-4-2,5 показало, что стружка бронзы рекристаллизована, в отличие от стружки меди, в которой только частично прошла рекристаллизация. Структурообразование прессованных брикетов из бронзовой стружки БрОЦС4-4-2,5 происходит по следующему механизму: возникновению множества точек контактов, приводящих к появлению большого числа “мостиков схватываемости”. Это улучшает процесс спекания, при котором образуются зародыши рекристаллизации, растущие в пределах таких мостиков. Полученный композиционный материал обладает достаточно хорошими свойствами вследствие плотного сопряжения между стружками.



Рис. 3. Микроструктура прессованного полуфабриката из неотожжённой медной стружки с добавкой БрОЦС4-4-2,5: а) 10% БрОЦС4-4-2,5; б) 20% БрОЦС4-4-2,5

При добавлении бронзы БрКН 1-3 в медную стружку также образуется монолитный материал без пор и несплошностей на границах бывших стружек, поэтому что никель, находящийся в бронзовой стружке, хорошо растворяется в меди, тем самым, упрочняя её и увеличивая её коррозионную стойкость. В то же время кремний образует с никелем химическое соединение, которое также упрочняет медь, и соответственно участки бронзы увеличивают твёрдость композиционного материала (рис. 4).

В композиционном материале из медной стружки с добавлением 10 % стружки бронзы БрКН 1-3 видна мелкозернистая рекристаллизованная структура с присутствием двойников деформации, вследствие проведённой горячей экструзии (рис. 4,а). При добавлении 20 % бронзы БрКН 1-3 также наблюдается мелкозернистость (рис. 4,б).



Рис. 4. Микроструктура прессованного полуфабриката из медной неотожжённой стружки с добавкой БрКН1-3, х200: а) 10% БрКН1-3; б) 20% БрКН1-3

В данной работе была исследована возможность получения композиционных материалов из медной стружки путем добавления в нее различных по взаимодействию с медью веществ и материалов.

Композиционный материал, полученный из стружек бронз и меди после брикетирования с последующей экструзией, является монолитным. На границах стружек наблюдается диффузионная зона, поры отсутствуют. Хорошее сопряжение стружек объясняется, помимо оптимальных параметров режима изготовления образцов также тем, что бронзы, использованные в исследованиях, содержат меди не менее 85% и происходит как бы взаимодействие меди с медью (реализуемый механизм самодиффузии меди).

Полученные композиционные материалы имеют довольно высокую твердость. Электропроводность и теплопроводность этих материалов не должна сильно снижаться по сравнению с чистой медью, так как добавление таких элементов, как железо, алюминий, кремний, олово, свинец невелико.

В целом данные материалы могут быть использованы в электротехнической промышленности в качестве проводников тока.